

第 92123011

初審引証附件一

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-330964
 (43)Date of publication of application : 30.11.2001

(51)Int.Cl.

G03F 7/20
 G02B 19/00
 G02B 27/09
 H01L 21/027

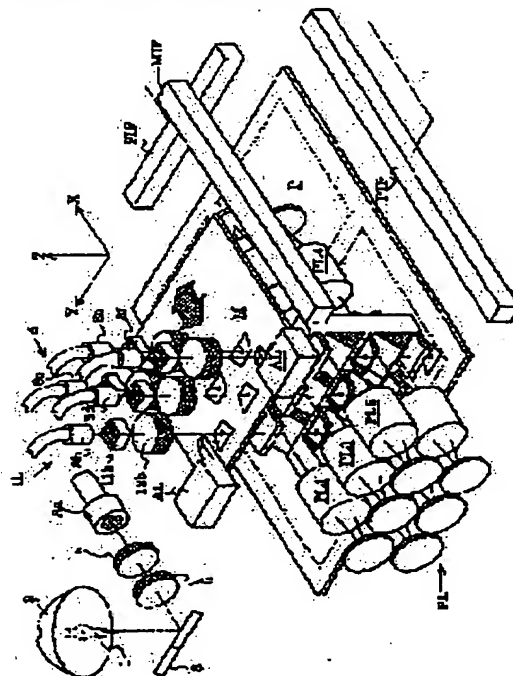
(21)Application number : 2000-149189
 (22)Date of filing : 22.05.2000

(71)Applicant : NIKON CORP
 (72)Inventor : KATO MASANORI
 KOYAMA MOTOO
 HATADA HITOSHI
 SHIRASU HIROSHI
 IGUCHI MASAHIRO

(54) EXPOSURE APPARATUS AND METHOD FOR PRODUCING MICRO- DEVICE USING THE SAME

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an exposure apparatus capable of substantially suppressing a change of the optical characteristics of each projective optical unit due to the absorption of light of lens.
 SOLUTION: The exposure apparatus has an illumination system (IL) and a projective optical system (PL) with plural projective optical units (PL1-PL5), the illumination system forms a secondary light source in a position which is nearly optically conjugate with the pupil face of each of the projective optical units and a mask pattern is projected on a photosensitive substrate (P) through the projective optical system to expose the substrate. In order to substantially control a change of the optical characteristics of each of the projective optical units due to irradiation with light, the illumination system has an intensity distribution setting means to set the intensity distribution of light of the secondary light source as an intensity distribution in which the intensity in the periphery is higher than that in the center.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]
 [Date of sending the examiner's decision of rejection]
 [Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]
 [Date of final disposal for application]
 [Patent number]
 [Date of registration]
 [Number of appeal against examiner's decision of rejection]
 [Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]
 [Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

BEST AVAILABLE COPY

FS入力済

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-330964

(P2001-330964A)

(43) 公開日 平成13年11月30日 (2001. 11. 30)

(51) IntCl. ⁷	識別記号	F I	テマコード(参考)
G 0 3 F 7/20	5 0 1	G 0 3 F 7/20	5 0 1 2 H 0 5 2
G 0 2 B 19/00		G 0 2 B 19/00	2 H 0 9 7
27/09		27/00	E 5 F 0 4 6
H 0 1 L 21/027		H 0 1 L 21/30	5 1 5 D

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2000-149189(P2000-149189)

(22) 出願日 平成12年5月22日 (2000. 5. 22)

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 加藤 正紀

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

(72) 発明者 小山 元夫

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

(74) 代理人 100095256

弁理士 山口 幸雄

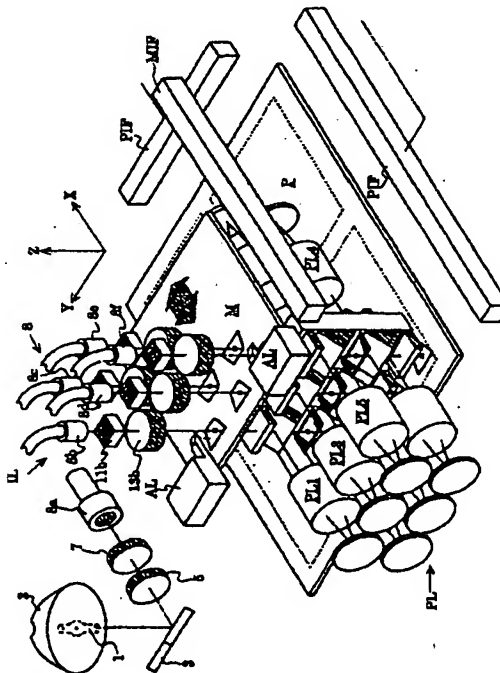
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 露光装置および該露光装置を用いたマイクロデバイス製造方法

(57) 【要約】

【課題】 レンズの光吸収による各投影光学ユニットの光学特性の変動を実質的に抑制することのできる露光装置。

【解決手段】 照明系 (I L) と、複数の投影光学ユニット (P L 1 ~ P L 5) を有する投影光学系 (P L) とを備え、照明系は各投影光学ユニットの瞳面と光学的にほぼ共役な位置に二次光源を形成し、マスクパターンを投影光学系を介して感光性基板 (P) 上へ投影露光する露光装置。照明系は、光照射による各投影光学ユニットの光学特性の変動を実質的に制御するために、二次光源の光強度分布を、中心よりも周辺において実質的に強度の高い光強度分布に設定するための強度分布設定手段 (9) を備えている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 転写用のパターンが形成されたマスク上において所定方向に沿った複数の領域をそれぞれ照明するための照明系と、前記マスク上の複数の領域に対応して配列された複数の投影光学ユニットを有する投影光学系とを備え、前記照明系は各投影光学ユニットの瞳面と光学的にほぼ共役な位置に二次光源を形成し、前記二次光源からの光を前記マスクへ導くことにより前記マスクに形成されたパターンを前記投影光学系を介して感光性基板上へ投影露光する露光装置において、

前記照明系は、光照射による各投影光学ユニットの光学特性の変動を実質的に制御するために、前記二次光源の光強度分布を、中心よりも周辺において実質的に強度の高い光強度分布に設定するための強度分布設定手段を備えていることを特徴とする露光装置。

【請求項2】 前記投影光学系に対して前記マスクおよび前記感光性基板を前記所定方向と交差する走査方向に沿って移動させて、前記マスクに形成されたパターンを前記投影光学系を介して前記感光性基板上へ走査露光することを特徴とする請求項1に記載の露光装置。

【請求項3】 前記強度分布設定手段は、前記二次光源の形状を輪帯状に設定することを特徴とする請求項1または2に記載の露光装置。

【請求項4】 前記強度分布設定手段は、前記照明系の光路中において前記瞳面と光学的にほぼ共役な位置に位置決めされた輪帯状の開口部を有する輪帯開口絞りを有することを特徴とする請求項3に記載の露光装置。

【請求項5】 前記強度分布設定手段は、前記照明系の光路中において円形状の入射光束を輪帯状の光束に変換するための円錐プリズムを有することを特徴とする請求項3または4に記載の露光装置。

【請求項6】 前記強度分布設定手段は、前記照明系の光路中において入射光束を輪帯状の光束に変換するための回折光学素子を有することを特徴とする請求項3または4に記載の露光装置。

【請求項7】 転写用のパターンが形成されたマスク上において所定方向に沿った複数の領域をそれぞれ照明するための照明系と、前記マスク上の複数の領域に対応して配列された複数の投影光学ユニットを有する投影光学系とを備え、前記照明系は各投影光学ユニットの瞳面と光学的にほぼ共役な位置に二次光源を形成し、前記二次光源からの光を前記マスクへ導くことにより前記マスクに形成されたパターンを前記投影光学系を介して感光性基板上へ投影露光する露光装置において、前記照明系は、光照射による各投影光学ユニットの光学特性の変動を実質的に制御するために、前記瞳面に換算したときの前記二次光源の外径を前記瞳面の有効径の0.7倍よりも大きく設定するための外径設定手段を備えていることを特徴とする露光装置。

【請求項8】 転写用のパターンが形成されたマスクを

照明する照明系と、前記マスクのパターンの像を感光性基板上に投影する投影光学系とを備えた露光装置において、

前記照明系は、前記投影光学系の瞳面と実質的に共役な位置に二次光源を形成する二次光源形成手段と、前記投影光学系の光学特性の変動に応じて前記二次光源の光強度分布を調整する調整手段とを有することを特徴とする露光装置。

【請求項9】 前記投影光学系は、複数の投影光学ユニットを有し、

前記照明系は、前記複数の投影光学ユニットに対応した複数の照明領域を前記マスク上にそれぞれ形成し、

前記二次光源形成手段は、前記二次光源からの光を前記複数の照明領域の各々へ導くために、前記複数の照明領域に対応して複数の二次光源を形成し、

前記調整手段は、前記複数の投影光学ユニットのうちの少なくとも1つの投影光学ユニットの光学特性の変動に応じて前記複数の二次光源のうちの少なくとも1つの二次光源の光強度分布を調整することを特徴とする請求項8に記載の露光装置。

【請求項10】 請求項1乃至9のいずれか1項に記載の露光装置を用いて前記マスクのパターン像を前記感光性基板上に露光する露光工程と、

前記露光された基板を現像する現像工程とを含むことを特徴とするマイクロデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、露光装置および該露光装置を用いたマイクロデバイス製造方法に関し、特に複数の反射屈折型の投影光学ユニットからなる投影光学系に対してマスクと感光性基板とを移動させつつマスクのパターンを感光性基板上に投影露光するマルチ走査型投影露光装置に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、ワープロやパソコンやテレビ等の表示素子として、液晶表示パネルが多用されるようになっている。液晶表示パネルは、プレート上に透明薄膜電極をフォトリソグラフィの手法で所望の形状にパターンニングすることによって製造される。このフォトリソグラフィ工程のための装置として、マスク上に形成された原画パターンを投影光学系を介してプレート上のフォトリソ層に投影露光する投影露光装置が用いられている。

【0003】なお、最近では、液晶表示パネルの大面积化の要求が高まっており、その要求に伴ってこの種の投影露光装置においても露光領域の拡大が望まれている。そこで、露光領域を拡大するために、いわゆるマルチ走査型投影露光装置が提案されている。マルチ走査型投影露光装置では、複数の投影光学ユニットからなる投影光学系に対してマスクとプレートとを移動させつつ、マス

クのパターンをプレート上に投影露光する。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上述のように構成されたマルチ走査型投影露光装置では、照明系から供給された光が、マスクを介して、各投影光学ユニットに入射する。各投影光学ユニットに入射した光は、各投影光学ユニットのレンズを透過した後に、プレートに達する。プレートの表面で反射された一部の光は、戻り光となって、各投影光学ユニットのレンズを再び透過する。

【0005】このように、マスクの透過光およびプレートでの反射光が各投影光学ユニットのレンズを通過する際に、一部の光がレンズに吸収される。その結果、各投影光学ユニットを構成するレンズの光吸収により、各投影光学ユニットの光学特性、特にその結像面の合焦方向に沿った位置（以下、「フォーカス位置」という）が変動することが考えられる。

【0006】本発明は、前述の課題に鑑みてなされたものであり、レンズの光吸収による各投影光学ユニットの光学特性の変動を実質的に抑制（制御）することのできる露光装置を提供することを目的とする。また、本発明の露光装置を用いた良好な露光により大面積で良好なマイクロデバイス（半導体素子、液晶表示素子、薄膜磁気ヘッド等）を製造することのできるマイクロデバイス製造方法を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】前記課題を解決するために、本発明の第1発明では、転写用のパターンが形成されたマスク上において所定方向に沿った複数の領域をそれぞれ照明するための照明系と、前記マスク上の複数の領域に対応して配列された複数の投影光学ユニットを有する投影光学系とを備え、前記照明系は各投影光学ユニットの瞳面と光学的にほぼ共役な位置に二次光源を形成し、前記二次光源からの光を前記マスクへ導くことにより前記マスクに形成されたパターンを前記投影光学系を介して感光性基板上へ投影露光する露光装置において、前記照明系は、光照射による各投影光学ユニットの光学特性の変動を実質的に制御するために、前記二次光源の光強度分布を、中心よりも周辺において実質的に強度の高い光強度分布に設定するための強度分布設定手段を備えていることを特徴とする露光装置を提供する。

【0008】第1発明の好ましい態様によれば、前記投影光学系に対して前記マスクおよび前記感光性基板を前記所定方向と交差する走査方向に沿って移動させて、前記マスクに形成されたパターンを前記投影光学系を介して前記感光性基板上へ走査露光する。また、前記強度分布設定手段は、前記二次光源の形状を輪帯状に設定することが好ましい。この場合、前記強度分布設定手段は、前記照明系の光路中において前記瞳面と光学的にほぼ共役な位置に位置決めされた輪帯状の開口部を有する輪帯

開口絞りを有することが好ましい。

【0009】また、第1発明の好ましい態様によれば、前記強度分布設定手段は、前記照明系の光路中において円形状の入射光束を輪帯状の光束に変換するための円錐プリズム、あるいは、前記照明系の光路中において入射光束を輪帯状の光束に変換するための回折光学素子を有する。さらに、前記強度分布設定手段は、各投影光学ユニットの結像面の合焦方向に沿った変動量を各投影光学ユニットの焦点深度よりも小さい量に制御するために、前記二次光源の光強度分布を所望の分布に設定することが好ましい。更には、基板の平面度などの影響を考慮すれば、焦点深度の1/2よりも小さい量にすることが望ましい。

【0010】さらに、第1発明の好ましい態様によれば、前記照明系は、前記瞳面に換算したときの前記二次光源の外径を、前記瞳面の有効径に対して所定の比率よりも大きく設定するための外径設定手段をさらに備えている。この場合、前記外径設定手段は、前記瞳面に換算したときの前記二次光源の外径を前記瞳面の有効径の0.7倍よりも大きく設定することが好ましい。また、前記外径設定手段は、前記照明系の光路中において入射光束の径を拡大するための回折光学素子を有することが好ましい。さらに、前記強度分布設定手段および前記外径設定手段は、各投影光学ユニットの結像面の合焦方向に沿った変動量を各投影光学ユニットの焦点深度よりも小さい量に制御するために、前記二次光源の光強度分布および外径を所望の分布および所望の外径に設定することが好ましい。更には、基板の平面度などの影響を考慮すれば、焦点深度の1/2よりも小さい量にすることが望ましい。

【0011】本発明の第2発明は、転写用のパターンが形成されたマスク上において所定方向に沿った複数の領域をそれぞれ照明するための照明系と、前記マスク上の複数の領域に対応して配列された複数の投影光学ユニットを有する投影光学系とを備え、前記照明系は各投影光学ユニットの瞳面と光学的にほぼ共役な位置に二次光源を形成し、前記二次光源からの光を前記マスクへ導くことにより前記マスクに形成されたパターンを前記投影光学系を介して感光性基板上へ投影露光する露光装置において、前記照明系は、光照射による各投影光学ユニットの光学特性の変動を実質的に制御するために、前記瞳面に換算したときの前記二次光源の外径を前記瞳面の有効径の0.7倍よりも大きく設定するための外径設定手段を備えていることを特徴とする露光装置を提供する。

【0012】第2発明の好ましい態様によれば、前記投影光学系に対して前記マスクおよび前記感光性基板を前記所定方向と交差する走査方向に沿って移動させて、前記マスクに形成されたパターンを前記投影光学系を介して前記感光性基板上へ走査露光する。また、前記外径設定手段は、前記照明系の光路中において入射光束の径を

拡大するための回折光学素子を有することが好ましい。さらに、前記外径設定手段は、各投影光学ユニットの結像面の合焦方向に沿った変動量を各投影光学ユニットの焦点深度よりも小さい量に制御するために、前記二次光源の外径を所望の外径に設定することが好ましい。更には、基板の平面度などの影響を考慮すれば、焦点深度の $1/2$ よりも小さい量にすることが望ましい。

【0013】本発明の第3発明は、転写用のパターンが形成されたマスクを照明する照明系と、前記マスクのパターンの像を感光性基板に投影する投影光学系とを備えた露光装置において、前記照明系は、前記投影光学系の瞳面と実質的に共役な位置に二次光源を形成する二次光源形成手段と、前記投影光学系の光学特性の変動に応じて前記二次光源の光強度分布を調整する調整手段とを有することを特徴とする露光装置を提供する。

【0014】第3発明の好ましい態様によれば、前記投影光学系は、複数の投影光学ユニットを有し、前記照明系は、前記複数の投影光学ユニットに対応した複数の照明領域を前記マスク上にそれぞれ形成し、前記二次光源形成手段は、前記二次光源からの光を前記複数の照明領域の各々へ導くために、前記複数の照明領域に対応して複数の二次光源を形成し、前記調整手段は、前記複数の投影光学ユニットのうちの少なくとも1つの投影光学ユニットの光学特性の変動に応じて前記複数の二次光源のうちの少なくとも1つの二次光源の光強度分布を調整する。

【0015】本発明の第4発明は、第1発明～第3発明の露光装置を用いて前記マスクのパターン像を前記感光性基板に露光する露光工程と、前記露光された基板を現像する現像工程とを含むことを特徴とするマイクロデバイス製造方法を提供する。

【0016】本発明の第5発明は、転写用のパターンが形成されたマスク上において所定方向に沿った複数の領域をそれぞれ照明するための照明系と、前記マスク上の複数の領域に対応して配列された複数の投影光学ユニットを有する投影光学系とを備え、前記マスクに形成されたパターンを前記投影光学系を介して感光性基板上へ投影露光する露光装置において、前記照明系は、少なくとも1つの光源と、該光源の数と同じ数の入射端と前記投影光学ユニットの数と同じ数の射出端とを有するライトガイドと、前記少なくとも1つの光源からの光を前記ライトガイドの入射端へ導くための少なくとも1つのリレー光学系と、前記ライトガイドの複数の射出端から射出された光束に基づいて各投影光学ユニットの瞳面と光学的にはほぼ共役な位置に二次光源をそれぞれ形成するための複数のオブティカルインテグレータと、前記複数の二次光源からの光束を前記マスク上の複数の領域へそれぞれ導くための複数のコンデンサー光学系と、光照射による各投影光学ユニットの光学特性の変動を実質的に制御するために、前記二次光源の光強度分布を、中心よりも

周辺において実質的に強度の高い光強度分布に設定するための強度分布設定手段とを備えていることを特徴とする露光装置を提供する。

【0017】第5発明の好ましい態様によれば、前記強度分布設定手段は、前記オブティカルインテグレータの射出側に位置決めされた輪帯状の開口部を有する輪帯開口絞りを有する。また、前記強度分布設定手段は、前記リレー光学系の瞳面の近傍において円形状の入射光束を輪帯状の光束に変換するための円錐プリズム、あるいは、前記ライトガイドの複数の射出端の近傍に配置されて入射光束を輪帯状の光束にそれぞれ変換するための複数の回折光学素子を有することが好ましい。

【0018】また、第5発明の好ましい態様によれば、前記光源は、楕円鏡と、該楕円鏡の第一焦点位置の近傍に位置決めされた超高圧水銀ランプとを有し、前記強度分布設定手段は、前記ライトガイドを伝播可能な入射光束の最大開口数よりも前記ライトガイドの入射端への入射光束の開口数が実質的にほぼ等しいかあるいは大きくなるように、前記リレー光学系の倍率を所定の倍率よりも小さく設定する。

【0019】さらに、第5発明の好ましい態様によれば、前記照明系は、前記瞳面に換算したときの前記二次光源の外径を前記瞳面の有効径に対して所定の比率よりも大きく設定するための外径設定手段をさらに備えている。この場合、前記外径設定手段は、前記ライトガイドの複数の射出端の近傍に配置されて入射光束の径を拡大するための回折光学素子を有することが好ましい。あるいは、前記外径設定手段は、前記ライトガイドを伝播可能な入射光束の最大開口数と前記ライトガイドの入射端への入射光束の開口数とがほぼ一致するように、前記リレー光学系の倍率を所望の倍率に設定することが好ましい。

【0020】本発明の第6発明は、転写用のパターンが形成されたマスク上において所定方向に沿った複数の領域をそれぞれ照明するための照明系と、前記マスク上の複数の領域に対応して配列された複数の投影光学ユニットを有する投影光学系とを備え、前記マスクに形成されたパターンを前記投影光学系を介して感光性基板上へ投影露光する露光装置において、前記照明系は、少なくとも1つの光源と、該光源の数と同じ数の入射端と前記投影光学ユニットの数と同じ数の射出端とを有するライトガイドと、前記少なくとも1つの光源からの光を前記ライトガイドの入射端へ導くための少なくとも1つのリレー光学系と、前記ライトガイドの複数の射出端から射出された光束に基づいて各投影光学ユニットの瞳面と光学的にはほぼ共役な位置に二次光源をそれぞれ形成するための複数のオブティカルインテグレータと、前記複数の二次光源からの光束を前記マスク上の複数の領域へそれぞれ導くための複数のコンデンサー光学系と、光照射による各投影光学ユニットの光学特性の変動を実質的に制御

するために、前記瞳面に換算したときの前記二次光源の外径を前記瞳面の有効径の0.7倍よりも大きく設定するための外径設定手段とを備えていることを特徴とする露光装置を提供する。

【0021】第6発明の好ましい態様によれば、前記外径設定手段は、前記ライトガイドの複数の射出端の近傍に配置されて入射光束の径を拡大するための回折光学素子を有することが好ましい。あるいは、前記外径設定手段は、前記ライトガイドを伝播可能な入射光束の最大開口数と前記ライトガイドの入射端への入射光束の開口数とがほぼ一致するように、前記リレー光学系の倍率を所望の倍率に設定することが好ましい。

【0022】本発明の第7発明は、転写用のパターンが形成されたマスク上において所定方向に沿った複数の領域をそれぞれ照明し、前記マスク上の複数の領域に対応して配列された複数の投影光学ユニットを有する投影光学系を介して、前記マスクに形成されたパターンを感光性基板上へ投影露光する露光方法において、各投影光学ユニットの瞳面と光学的にほぼ共役な位置に二次光源を形成し、前記二次光源からの光を前記マスクへ導くことにより前記マスク上の複数の領域を照明する照明工程と、光照射による各投影光学ユニットの光学特性の変動を実質的に制御するために、前記二次光源の光強度分布を、中心よりも周辺において実質的に強度の高い光強度分布に設定する強度分布設定工程とを含むことを特徴とする露光方法を提供する。

【0023】第7発明の好ましい態様によれば、前記瞳面に換算したときの前記二次光源の外径を、前記瞳面の有効径に対して所定の比率よりも大きく設定するための外径設定工程を含む。

【0024】本発明の第8発明は、転写用のパターンが形成されたマスク上において所定方向に沿った複数の領域をそれぞれ照明し、前記マスク上の複数の領域に対応して配列された複数の投影光学ユニットを有する投影光学系を介して、前記マスクに形成されたパターンを感光性基板上へ投影露光する露光方法において、各投影光学ユニットの瞳面と光学的にほぼ共役な位置に二次光源を形成し、前記二次光源からの光を前記マスクへ導くことにより前記マスク上の複数の領域を照明する照明工程と、光照射による各投影光学ユニットの光学特性の変動を実質的に制御するために、前記瞳面に換算したときの前記二次光源の外径を前記瞳面の有効径の0.7倍よりも大きく設定する外径設定工程とを含むことを特徴とする露光方法を提供する。

【0025】第7発明および第8発明の好ましい態様によれば、前記投影光学系に対して前記マスクおよび前記感光性基板を前記所定方向と交差する走査方向に沿って移動させて、前記マスクに形成されたパターンを前記投影光学系を介して前記感光性基板上へ走査露光する露光工程を含む。

【0026】

【発明の実施の形態】一般に、レンズに光を照射すると、光の吸収によりレンズを形成する光学材料の温度が上昇する。その結果、熱膨張によりレンズの形状が変化し、その屈折力（パワー）が変化する。また、レンズに光を照射すると、光の吸収によりレンズを形成する光学材料の粗密度が変化する。その結果、レンズの屈折率が変化し、ひいてはその屈折力も変化する。

【0027】ところで、本発明の典型的な実施形態形態にかかる露光装置は、転写用のパターンが形成されたマスク上において所定方向に沿った複数の領域をそれぞれ照明するための照明系と、マスク上の複数の領域に対応して配列された複数の投影光学ユニットを有する投影光学系とを備えている。そして、照明系は、各投影光学ユニットの瞳面と光学的にほぼ共役な位置に二次光源を形成する構成になっている。

【0028】この場合、各投影光学ユニットの瞳面には二次面光源の像が形成されることになり、瞳面の近傍に配置されたレンズに入射する光束（マスクの0次透過光）の大きさおよび形状は、マスク上の各照明領域（ひいては感光性基板上の各露光領域）の大きさおよび形状の変化に依存することなく常に一定である。また、各投影光学ユニットにおいて、その瞳面の近傍に配置されたレンズの屈折力の変動が、各投影光学ユニットの光学特性の変動、特にそのフォーカス位置の変動に大きく寄与する。特に、マルチ投影光学系を用いている場合には、各投影光学ユニットの視野に相当するマスクパターン密度が異なることが想定される。たとえば端部の投影光学ユニットへ導かれる光量が中央の投影光学ユニットへ導かれる光量よりもかなり小さくなるような一般的なマスクパターンの場合、端部の投影光学ユニットではフォーカス位置の変動量が極端に小さくなることもあるため、基板の光軸方向の位置を移動させてピントを合わせることは、すべての投影光学ユニットに焦点を合わせることに困難になる。

【0029】本発明の発明者は、上述の知見に基づき、各投影光学ユニットを構成するレンズの光吸収による各投影光学ユニットの光学特性の変動、特にそのフォーカス位置の変動を良好に抑制（制御）するために、次の2つの構成が有効であることに想到した。すなわち、第1の構成は、二次光源の光強度分布を、中心よりも周辺において実質的に強度の高い光強度分布、たとえば輪帯状（円環状）の光強度分布に設定することである。また、第2の構成は、瞳面に換算したときの二次光源の外径を瞳面の有効径に対して所定の比率よりも大きく設定することである。

【0030】第1の構成によれば、各投影光学ユニットの瞳面の近傍に配置されたレンズの中心部への入射光束の強度がその周辺部への入射光束の強度よりも大きくなるのが回避される。レンズの中心部への入射光束の強

度が大きい場合、レンズの光吸収による温度上昇がレンズ全体で均一になりにくく、レンズの屈折力が変化し易くなる。換言すると、第1の構成において、たとえば輪帯状の光強度分布を有する光束を各投影光学ユニットの瞳面の近傍に配置されたレンズに入射させると、レンズの光吸収による温度上昇が中心部と周辺部とで均一になり易く、その屈折力の変動が良好に抑制され、ひいては各投影光学ユニットの光学特性の変動が良好に抑制される。

【0031】一方、第2の構成によれば、各投影光学ユニットの瞳面の近傍に配置されたレンズへの入射光束の径がその有効径に比して著しく小さくなることが回避される。入射光束の径が著しく小さい場合、レンズ中心部の局所的な形状変化および局所的な屈折率変化により、その屈折力が大きく変化することになる。換言すると、第2の構成では、各投影光学ユニットの瞳面の近傍に配置されたレンズへの入射光束の径がその有効径に比して比較的大きくなるので、その屈折力の変動が良好に抑制され、ひいては各投影光学ユニットの光学特性の変動が良好に抑制される。

【0032】以上のように、本発明では、レンズの光吸収による各投影光学ユニットの光学特性の変動を実質的に抑制することのできる露光装置を実現することができる。また、本発明の露光装置を用いた良好な走査露光により、大面積で良好なマイクロデバイスとして、たとえば高精度な液晶表示素子などを製造することができる。

【0033】以下、本発明の実施形態を、添付図面に基いて説明する。図1は、本発明の実施形態にかかる露光装置の全体構成を概略的に示す斜視図である。また、図2は、図1の露光装置における照明系の構成を概略的に示す図である。さらに、図3は、図1の露光装置において投影光学系を構成する各投影光学ユニットの構成を概略的に示す図である。

【0034】本実施形態では、複数の反射屈折型の投影光学ユニットからなる投影光学系に対してマスクとプレートとを移動させつつマスクのパターンをプレート上に投影露光するマルチ走査型投影露光装置に本発明を適用している。なお、図1～図3では、所定の回路パターンが形成されたマスクおよびレジストが塗布されたプレートを移動させる方向（走査方向）に沿ってX軸を設定している。また、マスクの平面内でX軸と直交する方向に沿ってY軸を、プレートの法線方向に沿ってZ軸を設定している。

【0035】本実施形態の露光装置は、マスクステージ（図1では不図示）MS上においてマスクホルダ（不図示）を介してXY平面に平行に支持されたマスクMを均一に照明するための照明系ILを備えている。図1および図2を参照すると、照明系ILは、たとえば超高圧水銀ランプからなる光源1を備えている。光源1は、回転楕円面からなる反射面を有する楕円鏡2の第1焦点位置

に位置決めされている。したがって、光源1から射出された照明光束は、反射鏡（平面鏡）3を介して、楕円鏡2の第2焦点位置に光源像を形成する。この第2焦点位置には、シャッター4（図1では不図示）が配置されている。

【0036】楕円鏡2の第2焦点位置に形成された光源像からの発散光束は、第1リレーレンズ系5を介して再び結像する。第1リレーレンズ系5の瞳面の近傍には、所望の波長域の光束のみを透過させる波長選択フィルター6（図1では不図示）が配置されている。波長選択フィルター6では、g線（436nm）の光とh線（405nm）とi線（365nm）の光とが露光光として同時に選択される。なお、波長選択フィルター6では、たとえばg線の光とh線の光とを同時に選択することもできるし、h線の光とi線の光とを同時に選択することもできるし、さらにi線の光だけを選択することもできる。

【0037】第1リレーレンズ系5を介して形成された光源像からの発散光束は、第2リレーレンズ系7を介して、ライトガイド8の入射端8aの近傍に再結像する。第2リレーレンズ系7の瞳面の近傍には、アキシコンとしての円錐プリズム（輪帯光形成部材）9（図1では不図示）が配置されている。円錐プリズム9は、その光源側の面（図2中左側の面）が光源側に向かって円錐凹面状に形成され、そのマスク側の面（図2中右側の面）がマスク側に向かって円錐凸面状に形成されている。

【0038】さらに詳細には、円錐プリズム9の光源側の屈折面およびマスク側の屈折面は、光軸AXに関して対称な円錐の円錐面（底面を除く側面）に相当し、2つの屈折面が互いにはほぼ平行になるように構成されている。したがって、円錐プリズム9に入射した円形光束は、光軸AXを中心として等角度であらゆる方向に沿って偏向された後、輪帯状（すなわち円環状）の光束に変換される。このように、円錐プリズム9は、円形状の光束を輪帯状の光束に変換する機能を有する。

【0039】一方、ライトガイド8は、多数のファイバ素線をランダムに束ねて構成されたランダムライトガイドファイバであって、光源1の数（図1では1つ）と同じ数の入射端8aと、投影光学系PLを構成する投影光学ユニットの数（図1では5つ）と同じ数の射出端8b～8f（図2では射出端8bだけを示す）とを備えている。こうして、ライトガイド8の入射端8aへ入射した光は、その内部を伝播した後、5つの射出端8b～8fから射出される。

【0040】ライトガイド8の射出端8bから射出された発散光束は、コリメートレンズ10b（図1では不図示）によりほぼ平行な光束に変換された後、フライアイ・インテグレーター（オブティカルインテグレータ）11bに入射する。フライアイ・インテグレーター11bは、多数の正レンズエレメントをその中心軸線が光軸A

Xに沿って延びるように縦横に且つ調密に配列することによって構成されている。したがって、フライアイ・インテグレーター11bに入射した光束は、多数のレンズエレメントにより波面分割され、その後側焦点面（すなわち射出面の近傍）にレンズエレメントの数と同数の光源像からなる二次光源を形成する。すなわち、フライアイ・インテグレーター11bの後側焦点面には、実質的な面光源が形成される。

【0041】二次光源からの光束は、フライアイ・インテグレーター11bの後側焦点面の近傍に配置された開口絞り12b（図1では不図示）により制限された後、コンデンサーレンズ系13bに入射する。なお、開口絞り12bは、対応する投影光学ユニットPL1の瞳面と光学的にはほぼ共役な位置に配置され、照明に寄与する二次光源の範囲を規定するための可変開口部を有する。開口絞り12bは、この可変開口部の開口径を変化させることにより、照明条件を決定する σ 値（投影光学系PLを構成する各投影光学ユニットPL1～PL5の瞳面の開口径に対するその瞳面上での二次光源像の口径の比）を所望の値に設定する。

【0042】コンデンサーレンズ系13bを介した光束は、所定の転写パターンが形成されたマスクMを重畳的に照明する。同様に、ライトガイド8の他の射出端8c～8fから射出された発散光束も、コリメートレンズ10c～10f、フライアイ・インテグレーター11c～11f、開口絞り12c～12f、およびコンデンサーレンズ系13c～13fを介して、マスクMを重畳的にそれぞれ照明する。すなわち、照明系ILは、マスクM上においてY方向に並んだ複数（図1では合計で5つ）の台形状の領域を照明する。

【0043】なお、上述の例では、照明系ILにおいて、1つの光源1からの照明光をライトガイド8を介して5つの照明光に等分割しているが、光源の数および投影光学ユニットの数に限定されることがなく、様々な変形例が可能である。すなわち、必要に応じて2つ以上の光源を設け、これら2つ以上の光源からの照明光をランダム性の良好なライトガイドを介して所要数（投影光学ユニットの数）の照明光に等分割することもできる。この場合、ライトガイドは、光源の数と同数の入射端を有し、投影光学ユニットの数と同数の射出端を有することになる。

【0044】マスクM上の各照明領域からの光は、各照明領域に対応するようにY方向に沿って配列された複数（図1では合計で5つ）の投影光学ユニットPL1～PL5からなる投影光学系PLに入射する。ここで、各投影光学ユニットPL1～PL5の構成は、互いに同じである。以下、図3を参照して、各投影光学ユニットの構成について説明する。

【0045】図3に示す投影光学ユニットは、マスクMからの光に基づいてマスクパターンの一次像を形成する

第1結像光学系K1と、この一次像からの光に基づいてマスクパターンの正立正像（二次像）をプレートP上に形成する第2結像光学系K2とを有する。なお、マスクパターンの一次像の形成位置の近傍には、マスクM上における投影光学ユニットの視野領域（照明領域）およびプレートP上における投影光学ユニットの投影領域（露光領域）を規定する視野絞りFSが設けられている。

【0046】第1結像光学系K1は、マスクMから-Z方向に沿って入射する光を-X方向に反射するようにマスク面（XY平面）に対して45°の角度で斜設された第1反射面を有する第1直角プリズムPR1を備えている。また、第1結像光学系K1は、第1直角プリズムPR1側から順に、正の屈折力を有する第1屈折光学系G1Pと、第1直角プリズムPR1側に凹面を向けた第1凹面反射鏡M1とを備えている。第1屈折光学系G1Pおよび第1凹面反射鏡M1はX方向に沿って配置され、全体として第1反射屈折光学系HK1を構成している。第1反射屈折光学系HK1から+X方向に沿って第1直角プリズムPR1に入射した光は、マスク面（XY平面）に対して45°の角度で斜設された第2反射面によって-Z方向に反射される。

【0047】一方、第2結像光学系K2は、第1直角プリズムPR1の第2反射面から-Z方向に沿って入射する光を-X方向に反射するようにプレート面（XY平面）に対して45°の角度で斜設された第1反射面を有する第2直角プリズムPR2を備えている。また、第2結像光学系K2は、第2直角プリズムPR2側から順に、正の屈折力を有する第2屈折光学系G2Pと、第2直角プリズムPR2側に凹面を向けた第2凹面反射鏡M2とを備えている。第2屈折光学系G2Pおよび第2凹面反射鏡M2はX方向に沿って配置され、全体として第2反射屈折光学系HK2を構成している。第2反射屈折光学系HK2から+X方向に沿って第2直角プリズムPR2に入射した光は、プレート面（XY平面）に対して45°の角度で斜設された第2反射面によって-Z方向に反射される。

【0048】なお、マスクMと第1直角プリズムPR1の第1反射面との間の光路中および視野絞りFSと第2直角プリズムPR2の第1反射面との間の光路中には、像シフターとしての平行平板P1およびP2がそれぞれ配置されている。ここで、像シフターとは、プレートP上に形成される像の位置をX方向およびY方向に沿って並進移動（シフト）させるための手段である。このため、平行平板P1およびP2は、図3において、X軸廻りおよびY軸廻りにそれぞれ回動可能に構成されている。

【0049】前述したように、マスクM上に形成されたパターンは、照明系ILからの照明光（露光光）により、ほぼ均一の照度で照明される。マスクM上の各照明領域に形成されたマスクパターンから-Z方向に沿って

進行した光は、平行平板P1を介した後、第1直角プリズムPR1の第1反射面により90°だけ偏向され、-X方向に沿って第1反射屈折光学系HK1に入射する。

【0050】第1反射屈折光学系HK1に入射した光は、第1屈折光学系G1Pを介して、第1凹面反射鏡M1に達する。第1凹面反射鏡M1で反射された光は、再び第1屈折光学系G1Pを介して、+X方向に沿って第1直角プリズムPR1の第2反射面に入射する。第1直角プリズムPR1の第2反射面で90°だけ偏向されて-Z方向に沿って進行した光は、視野絞りFSの近傍にマスクパターンの一次像を形成する。なお、一次像のX方向における横倍率は+1倍であり、Y方向における横倍率は-1倍である。

【0051】マスクパターンの一次像から-Z方向に沿って進行した光は、平行平板P2を介した後、第2直角プリズムPR2の第1反射面により90°だけ偏向され、-X方向に沿って第2反射屈折光学系HK2に入射する。第2反射屈折光学系HK2に入射した光は、第2屈折光学系G2Pを介して、第2凹面反射鏡M2に達する。第2凹面反射鏡M2で反射された光は、再び第2屈折光学系G2Pを介して、+X方向に沿って第2直角プリズムPR2の第2反射面に入射する。

【0052】第2直角プリズムPR2の第2反射面で90°だけ偏向されて-Z方向に沿って進行した光は、プレートP上において対応する露光領域にマスクパターンの二次像を形成する。ここで、二次像のX方向における横倍率およびY方向における横倍率はともに+1倍である。すなわち、各投影光学ユニットを介してプレートP上に形成されるマスクパターン像は等倍の正立正像であり、各投影光学ユニットは等倍正立系を構成している。

【0053】なお、上述の第1反射屈折光学系HK1では、第1屈折光学系G1Pの後側焦点位置の近傍に第1凹面反射鏡M1が配置されているため、マスクM側および視野絞りFS側においてはほぼテレセントリックとなる。また、第2反射屈折光学系HK2においても、第2屈折光学系G2Pの後側焦点位置の近傍に第2凹面反射鏡M2が配置されているため、視野絞りFS側およびプレートP側においてはほぼテレセントリックとなる。その結果、各投影光学ユニットは、ほぼ両側（マスクM側およびプレートP側）にテレセントリックな光学系である。

【0054】こうして、複数の投影光学ユニットPL1~PL5から構成された投影光学系PLを介した光は、プレートステージ（図1では不図示）PS上においてプレートホルダを介してXY平面に平行に支持されたプレートP上にマスクパターン像を形成する。すなわち、上述したように、各投影光学ユニットPL1~PL5は等倍正立系として構成されているので、感光性基板であるプレートP上において各照明領域に対応するようにY方向に並んだ複数の台形状の露光領域には、マスクパター

ンの等倍正立像が形成される。

【0055】ところで、マスクステージMSには、このステージを走査方向であるX方向に沿って移動させるための長いストロークを有する走査駆動系（不図示）が設けられている。また、マスクステージMSを走査直交方向であるY方向に沿って微小量だけ移動させるとともにZ軸回りに微小量だけ回転させるための一対のアライメント駆動系（不図示）が設けられている。そして、マスクステージMSの位置座標が移動鏡を用いたレーザー干渉計MIFによって計測され且つ位置制御されるように構成されている。

【0056】同様の駆動系が、プレートステージPSにも設けられている。すなわち、プレートステージPSを走査方向であるX方向に沿って移動させるための長いストロークを有する走査駆動系（不図示）、プレートステージPSを走査直交方向であるY方向に沿って微小量だけ移動させるとともにZ軸回りに微小量だけ回転させるための一対のアライメント駆動系（不図示）が設けられている。そして、プレートステージPSの位置座標が移動鏡を用いたレーザー干渉計MIFによって計測され且つ位置制御されるように構成されている。

【0057】さらに、マスクMとプレートPとをXY平面に沿って相対的に位置合わせするための手段として、一対のアライメント系ALがマスクMの上方に配置されている。アライメント系ALとして、たとえばマスクM上に形成されたマスクアライメントマークとプレートP上に形成されたプレートアライメントマークとの相対位置を画像処理により求める方式のアライメント系を用いることができる。

【0058】こうして、マスクステージMS側の走査駆動系およびプレートステージPS側の走査駆動系の作用により、複数の投影光学ユニットPL1~PL5からなる投影光学系PLに対してマスクMとプレートPとを一体的に同一方向（X方向）に沿って移動させることによって、マスクP上のパターン領域の全体がプレートP上の露光領域の全体に転写（走査露光）される。なお、複数の台形状の露光領域の形状および配置、ひいては複数の台形状の照明領域の形状および配置については、たとえば特開平7-183212号公報などに詳細な説明が記載されており重複する説明は省略する。

【0059】本実施形態では、上述したように、第2リレーレンズ系7の瞳面の近傍に円錐プリズム9が配置されているので、円錐プリズム9に入射する円形光束はほぼ輪帯状の光束に変換される。したがって、各フライアイ・インテグレーター11b~11fの入射面に形成される照野の光強度分布が輪帯状に近い分布になり、その射出面の近傍には輪帯状に近い光強度分布を有する二次光源が形成される。この輪帯状に近い光強度分布を有する二次光源の像は、各投影光学ユニットPL1~PL5の瞳面の近傍に形成される。

【0060】こうして、各投影光学ユニットPL1~PL5の瞳面の近傍に配置されたレンズ、すなわち第1凹面反射鏡M1および第2凹面反射鏡M2の近傍に配置されたレンズには、輪帯状に近い光強度分布を有する光束が入射することになる。その結果、各投影光学ユニットPL1~PL5の瞳面の近傍に配置されたレンズの光吸収による温度上昇が中心部と周辺部とで均一になり易く、その屈折力の変動が良好に抑制され、ひいては各投影光学ユニットの光学特性の変動が、特にフォーカス位置の変動が良好に抑制される。

【0061】図4は、本実施形態において各開口絞りとして輪帯状開口絞りをを用いる第1変形例の要部構成を概略的に示す図である。図4に示すように、各開口絞り12b~12fとして、輪帯状の開口部を有する輪帯状開口絞り41b~41fを用いると、各フライアイ・インテグレーター11b~11fの射出面の近傍に形成される二次光源の光強度分布がほぼ輪帯状に制限される。この場合、各投影光学ユニットPL1~PL5の瞳面の近傍に配置されたレンズには、ほぼ輪帯状の光強度分布を有する光束が入射することになる。したがって、円錐プリズム9だけをを用いる場合と比較して、円錐プリズム9と輪帯状開口絞り41b~41fとを併用する場合は、各輪帯状開口絞り41b~41fにおいて光量損失が発生するが、光吸収による温度上昇が均一になり易くなる。

【0062】また、本実施形態において、円錐プリズム9を用いることなく、各開口絞り12b~12fとして輪帯状開口絞り41b~41fを用いることもできる。この場合、円錐プリズム9と輪帯状開口絞り41b~41fとを併用する場合と比較して、各輪帯状開口絞り41b~41fにおける光量損失は増大する。しかしながら、各投影光学ユニットPL1~PL5の瞳面の近傍に配置されたレンズにはほぼ輪帯状の光強度分布を有する光束が入射することになるので、円錐プリズム9だけをを用いる場合と比較して、光吸収による温度上昇が均一になり易くなる。

【0063】ところで、前述したように、各投影光学ユニットPL1~PL5の光学特性の変動、特にフォーカス位置の変動をさらに良好に抑制するには、二次光源が輪帯状であると円形状であるとかかわらず、各投影光学ユニットPL1~PL5の瞳面に換算したときの二次光源の外径を瞳面の有効径に対して所定の比率よりも大きく（たとえば瞳面の有効径の0.7倍よりも大きく）設定することが好ましい。ここで、瞳面に換算したときの二次光源の外径とは、マスクMの0次透過光（回折透過光を除く透過光）が各投影光学ユニットPL1~PL5の瞳面に形成する二次光源像の外径に他ならない。

【0064】この場合、各投影光学ユニットPL1~PL5の瞳面の近傍に配置されたレンズへの入射光束の径が、その有効径に比して比較的大きくなる。これは、レ

ンズへの入射光束の径が瞳面に換算したときの二次光源の外径に対応した大きさを有し、レンズの有効径が瞳面の有効径に対応した大きさを有するからである。その結果、レンズ中心部の局所的な形状変化および局所的な屈折率変化により屈折力が大きく変化することが回避され、各投影光学ユニットPL1~PL5の光学特性の変動が、特にフォーカス位置の変動が良好に抑制される。

【0065】さて、本実施形態において、各フライアイ・インテグレーター11b~11fの射出面の近傍に形成される二次光源の外径を所要の大きさに設定するには、各フライアイ・インテグレーター11b~11fの入射面に形成される照野の外径を所要の大きさに設定する必要がある。そして、この照野の外径を所要の大きさに設定するためには、ライトガイド8の各射出端8b~8fから射出される光束の開口数を所要の大きさに設定する必要がある。ライトガイド8では入射光束の開口数が保存されて射出されるため、ライトガイド8からの射出光束の開口数を所要の大きさに設定するには、ライトガイド8の入射端8aへ入射する光束の開口数を所要の大きさに設定する必要がある。

【0066】ところで、ライトガイド8の入射端8aへの入射光束の開口数は、第2リレーレンズ系7の倍率に依存している。具体的には、第2リレーレンズ系7の倍率を小さくすると、ライトガイド8の入射端8aへの入射光束の開口数は大きくなる。一方、ライトガイド8の内部を伝播可能な入射光束の最大開口数は、ライトガイド8を構成するファイバ素線の特性に依存する。したがって、本実施形態において、各フライアイ・インテグレーター11b~11fの射出面の近傍に形成される二次光源の外径を所要の大きさに設定するには、ライトガイド8を伝播可能な入射光束の最大開口数をある程度大きく設定した上で、その最大開口数とライトガイド8の入射端8aへの入射光束の開口数とがほぼ一致するように、第2リレーレンズ系7の倍率を所望の倍率に設定すれば良いことになる。

【0067】図5は、本実施形態において輪帯状の光束を形成するのに円錐プリズムに代えて回折光学素子を用いた第2変形例の要部構成を概略的に示す図である。第2変形例では、図5に示すように、ライトガイド8の各射出端8b~8fの近傍には、回折光学素子(DOE)51b~51fがそれぞれ配置されている。換言すると、回折光学素子51b~51fは、コリメートレンズ10b~10fの前側焦点位置の近傍に配置されている。ここで、回折光学素子51b~51fは、ガラス基板に露光（照明光）の波長程度のピッチを有する段差を形成することによって構成され、入射ビームを所望の角度に回折する作用を有する。

【0068】第2変形例において、回折光学素子51b~51fは、0次透過光が実質的に発生することなく±1次回折透過光だけが利用できるように構成されてい

る。したがって、各回折光学素子51b~51fおよび各コリメートレンズ10b~10fを介して、各フライアイ・インテグレーター11b~11fの入射面にはほぼ輪帯状の照野が形成され、その射出面の近傍にはほぼ輪帯状の二次光源が形成される。また、上述したように、回折光学素子51b~51fを介した回折光を利用するため、回折光学素子51b~51fにより入射光束が拡散されてその径が拡大されることになり、各フライアイ・インテグレーター11b~11fの射出面の近傍に形成される輪帯状の二次光源の外径を大きく設定するのに有利である。

【0069】この意味において、第2変形例では、0次透過光および±1次回折透過光を利用するように回折光学素子51b~51fを構成することもできる。この場合、各フライアイ・インテグレーター11b~11fの射出面の近傍には円形状の二次光源が形成されるが、回折光学素子51b~51fの光束拡散作用により円形状の二次光源の外径は大きく設定される。この場合、回折光学素子51b~51fを介して輪帯状の二次光源を形成する場合と同様に、各投影光学ユニットPL1~PL5の光学特性の変動が、特にフォーカス位置の変動が良好に抑制される。なお、第2変形例において、輪帯状開口絞りを併用することもできる。

【0070】図6は、本実施形態の第3変形例の要部構成を概略的に示す図である。第3変形例では、図6に示すように、第1リレーレンズ系5とライトガイド8の入射端8aとの間の光路中に、分割レンズ群61およびレンズ62が配置されている。分割レンズ群61は、光源側から順に、第1分割レンズ61aと、第2分割レンズ61bと、第3分割レンズ61cとで構成されている。各分割レンズ61a~61cは、光軸AXを中心としてY軸およびZ軸によって4分割された領域にそれぞれ配置された4つの正レンズエレメントから構成されている。

【0071】また、第1リレーレンズ系5を介して光源像が形成される位置の近傍に第1分割レンズ61aの入射面が位置決めされている。そして、図6に示すように、レンズ群61とレンズ62とにより、第1リレーレンズ系5を介して光源像が形成される位置とライトガイド8の入射端8aとがほぼ共役になっている。換言すると、ライトガイド8の入射端8aには、図2の本実施形態と同様に光源像が形成される。なお、図6に示すように、分割レンズ群61では、第1分割レンズ61aの入射面の近傍において光軸AX上から発する光が、第3分割レンズ61cの射出面の近傍において光軸AXから離れた位置に収れんする。一方、第1分割レンズ61aの入射面の近傍において光軸AXから離れた位置から発する光は、第3分割レンズ61cの射出面の近傍において光軸AX上に収れんする。

【0072】ところで、光源1として超高圧水銀ランプ

を用いる場合、第1リレーレンズ系5を介して形成される光源像において、その中心から発する光の開口数（すなわち光軸AX上から発する光の開口数）は、その周辺から発する光の開口数（すなわち光軸AXから離れた位置から発する光の開口数）よりも実質的に大きい。そして、図2の本実施形態において円錐プリズム9が設けられていない場合、各フライアイ・インテグレーター11b~11fの射出面の近傍に形成される円形状の二次光源の光強度分布は、その中心において最も強度が高く周辺に向かって強度が減少するような分布となる。

【0073】これに対して、第3変形例では、図6に示すように、第1リレーレンズ系5を介して形成される光源像の中心部分から発する開口数の大きい光は、ライトガイド8の入射端8aに大きな入射角で入射する。この場合、光源像の中心部分からの光がライトガイド8の入射端8aへ入射する角度を、ライトガイド8を伝播可能な入射光束の最大開口数に対応する角度よりも実質的に大きく設定すると、光源像の中心部分からの光の一部は、ライトガイド8の内部を伝播することなく、二次光源の形成に寄与しなくなる。

【0074】その結果、各フライアイ・インテグレーター11b~11fの射出面の近傍に形成される円形状の二次光源の光強度分布を、中心よりも周辺において実質的に強度の高い光強度分布にすることができる。こうして、第3変形例においても、輪帯状の二次光源を形成する場合と同様に、各投影光学ユニットPL1~PL5の光学特性の変動が、特にフォーカス位置の変動が良好に抑制される。なお、第3変形例において、輪帯状開口絞りを併用することもできる。

【0075】図7は、本実施形態の第4変形例の要部構成を概略的に示す図である。第4変形例では、図7に示すように、第2リレーレンズ系7とライトガイド8の入射端8aとの間の光路中に、変形レンズ71が配置されている。変形レンズ71は、図7(b)に拡大して示すように、全体的にはマスク側に平面を向けた平凸レンズであるが、その光源側のレンズ面の中央部分が平面状に一部変形されている。したがって、変形レンズ71の中央部は平行平板として機能し、その周辺の円環部分は平凸レンズとして機能する。

【0076】こうして、第4変形例では、第1リレーレンズ系5を介して形成される光源像の中心部分から発する開口数の大きい光は、変形レンズ71の中央部を構成する平行平板を介して、ライトガイド8の入射端8aの中心へそのまま入射する。一方、第1リレーレンズ系5を介して形成される光源像の周辺部分から発する開口数の小さい光の一部は、変形レンズ71の周辺部を構成する平凸レンズを介して、光軸AX側へ偏向される。したがって、変形レンズ71の作用により、ライトガイド8の入射端8aの周辺へ入射する光束の開口数が大きくなる。

【0077】その結果、各フライアイ・インテグレーター11b~11fの射出面の近傍に形成される輪帯状の二次光源の光強度分布において、その内側の強度が減少し且つその外側の強度が増大する。また、場合によっては、円錐プリズム9を用いなくても、円形状の二次光源の光強度分布の内側の強度が減少し且つその外側の強度が増大し、中心よりも周辺において実質的に強度の高い光強度分布となる。こうして、第4変形例においても、各投影光学ユニットPL1~PL5の光学特性の変動が、特にフォーカス位置の変動が良好に抑制される。なお、第4変形例において、輪帯状開口絞りを併用することもできる。

【0078】ところで、光源1として超高圧水銀ランプを用いる場合、図2に示すように、楕円鏡2の反射面がその中央においてある程度欠損することになる。したがって、第2リレーレンズ系7の倍率を小さくして、ライトガイド8の入射端8aへの入射光束の開口数を大きく設定することにより、各フライアイ・インテグレーター11b~11fの射出面の近傍に形成される二次光源の光強度分布が、楕円鏡2の反射面の中央欠損の影響を受けることになる。

【0079】換言すると、場合によっては、円錐プリズム9を用いなくても、形成される円形状の二次光源の中央部分の強度が楕円鏡2の反射面の中央欠損の影響を受けて低下し、中心よりも周辺において実質的に強度の高い光強度分布を有する円形状の二次光源を得ることができる。その結果、各投影光学ユニットPL1~PL5の光学特性の変動が、特にフォーカス位置の変動が良好に抑制される。この場合、輪帯状開口絞りを併用することもできる。

【0080】なお、上述の実施形態では、各投影光学ユニットPL1~PL5のフォーカス位置の変動量（結像面の合焦方向に沿った変動量）を各投影光学ユニットPL1~PL5の焦点深度の1/2よりも小さい量に抑制するために、二次光源の光強度分布および外径を所望の分布および所望の外径に設定することが好ましい。この場合、各投影光学ユニットPL1~PL5のフォーカス位置の変動範囲の中間位置に各投影光学ユニットPL1~PL5の結像面を初期設定すれば、各投影光学ユニットPL1~PL5のフォーカス位置の変動の悪影響を実質的に受けることなく、走査露光を繰り返すことができる。

【0081】また、上述の実施形態では、各投影光学ユニットPL1~PL5のフォーカス位置の変動に着目して本発明を説明したが、レンズの光吸収による他の光学特性（収差、倍率、像シフト、像回転など）の変動についても本発明を適用することができる。たとえば、各投影光学ユニットPL1~PL5の瞳面の近傍にレンズが配置されていない場合についても、各投影光学ユニットPL1~PL5のフォーカス位置の変動を含む光学特性

の変動の抑制（制御）に対して本発明が有効である。

【0082】図1に示す本実施形態における各光学部材及び各ステージ等を前述したような機能を達成するように、電気的、機械的または光学的に連結することで、本実施形態にかかる露光装置を組み上げることができる。そして、照明系ILによってマスクを照明し（照明工程）、投影光学ユニットPL1~PL5からなる投影光学系PLを用いてマスクに形成された転写用のパターンを感光性基板に走査露光する（露光工程）ことにより、マイクロデバイス（半導体素子、液晶表示素子、薄膜磁気ヘッド等）を製造することができる。以下、図1に示す本実施形態の露光装置を用いて感光性基板としてのウエハ等に所定の回路パターンを形成することによって、マイクロデバイスとしての半導体デバイスを得る際の手法の一例につき図8のフローチャートを参照して説明する。

【0083】まず、図8のステップ301において、1ロットのウエハ上に金属膜が蒸着される。次のステップ302において、その1ロットのウエハ上の金属膜上にフォトリソグロフが塗布される。その後、ステップ303において、図1に示す露光装置を用いて、マスク上のパターンの像がその投影光学系（投影光学ユニット）を介して、その1ロットのウエハ上の各ショット領域に順次露光転写される。その後、ステップ304において、その1ロットのウエハ上のフォトリソグロフの現像が行われた後、ステップ305において、その1ロットのウエハ上でレジストパターンをマスクとしてエッチングを行うことによって、マスク上のパターンに対応する回路パターンが、各ウエハ上の各ショット領域に形成される。その後、更に上のレイヤの回路パターンの形成等を行うことによって、半導体素子等のデバイスが製造される。上述の半導体デバイス製造方法によれば、極めて微細な回路パターンを有する半導体デバイスをスループット良く得ることができる。

【0084】また、図1に示す露光装置では、プレート（ガラス基板）上に所定のパターン（回路パターン、電極パターン等）を形成することによって、マイクロデバイスとしての液晶表示素子を得ることもできる。以下、図9のフローチャートを参照して、このときの手法の一例につき説明する。図9において、パターン形成工程401では、本実施形態の露光装置を用いてマスクのパターンを感光性基板（レジストが塗布されたガラス基板等）に転写露光する、所謂光リソグラフィ工程が実行される。この光リソグラフィ工程によって、感光性基板上には多数の電極等を含む所定パターンが形成される。その後、露光された基板は、現像工程、エッチング工程、レチクル剥離工程等の各工程を経ることによって、基板上に所定のパターンが形成され、次のカラーフィルター形成工程402へ移行する。

【0085】次に、カラーフィルター形成工程402で

は、R (Red)、G (Green)、B (Blue) に対応した3つのドットの組がマトリックス状に多数配列されたり、またはR、G、Bの3本のストライプのフィルターの組を複数水平走査線方向に配列したカラーフィルターを形成する。そして、カラーフィルター形成工程402の後に、セル組み立て工程403が実行される。セル組み立て工程403では、パターン形成工程401にて得られた所定パターンを有する基板、およびカラーフィルター形成工程402にて得られたカラーフィルター等を用いて液晶パネル(液晶セル)を組み立てる。セル組み立て工程403では、例えば、パターン形成工程401にて得られた所定パターンを有する基板とカラーフィルター形成工程402にて得られたカラーフィルターとの間に液晶を注入して、液晶パネル(液晶セル)を製造する。【0086】その後、モジュール組み立て工程404にて、組み立てられた液晶パネル(液晶セル)の表示動作を行わせる電気回路、バックライト等の各部品を取り付けて液晶表示素子として完成させる。上述の液晶表示素子の製造方法によれば、極めて微細な回路パターンを有する液晶表示素子をスループット良く得ることができ

る。【0087】なお、上述の実施形態では、各投影光学ユニットが一对の結像光学系を有するマルチ走査型投影露光装置について本発明を適用しているが、各投影光学ユニットが1つまたは3つ以上の結像光学系を有する型式のマルチ走査型投影露光装置に対しても本発明を適用することができる。

【0088】また、上述の実施形態では、各投影光学ユニットが反射屈折型の結像光学系を有するマルチ走査型投影露光装置について本発明を適用しているが、これに限定されることなく、たとえば屈折型の結像光学系を有する型式のマルチ走査型投影露光装置に対しても本発明を適用することができる。

【0089】さらに、上述の実施形態では、光源として超高圧水銀ランプを用いているが、これに限定されることなく、他の適当な光源を用いることができる。すなわち、本発明において、露光波長は、g線、h線、i線などに特に限定されるものではない。

【0090】また、上述の実施形態では、投影光学系が複数の投影光学ユニットから構成されたマルチ走査型投影露光装置について本発明を説明している。しかしながら、一般の露光装置において、投影光学系のフォーカス位置の変動などを含む光学特性の変動を計測し、その計測結果に基づいて二次光源の光強度分布を調整することも本発明において有効である。

【0091】強度分布設定手段(円錐プリズムや回折光学素子等)は、各投影光学ユニットの結像面の合焦方向に沿った変動量を各投影光学ユニットの焦点深度よりも小さい量に制御するために、二次光源の光強度分布を所望にする事が好ましく、更には、強度分布設定手段(円

錐プリズムや回折光学素子等)は、基板の平面度等の影響を考慮すれば、各投影光学ユニットの焦点深度の1/2よりも小さな量に制御することがより一層望ましい。この場合、一例として、各投影光学ユニットの開口数NAを0.1とし、露光波長を400nmとすると、各投影光学ユニットの焦点深度DOF($=\lambda/(NA^2)$)は40μmとなる。この時、一般的なプレートの平面度(AF制御残差)を示すうねり量ΔPを10μm、プレートを保持するプレートステージ(ホルダー)の平面度を示すうねり量ΔSを5μm、投影光学ユニット(各モジュール差を含む)の収差量ΔAを5μmとすると、フォーカス許容量Fa($=DOF-\Delta P-\Delta S-\Delta A$)は20μmとなる。従って、この例では、20μm(各投影光学ユニットの焦点深度の1/2)よりも小さな量となるように制御する事が好ましい。

【0092】ところで、図2に示した実施形態の変形例について、図10を参照しながら説明する。図10に示す例は、各オプティカルインテグレータ(11b~11f)により形成される2次光源の強度分布を各投影光学ユニットの光学特性の変動に応じて調整するものである。図10において図2に示した例と異なる点は、可変のアキシコン9、可変開口絞り12、計測センサーDS(図3参照)、制御装置CS、および各駆動装置(DR9、DR12b~DR12f)をそれぞれ設けた点である。

【0093】図10に示すように、可変のアキシコン9は、光源側に凹の円錐面を持つ凹型円錐プリズム9aと被照明側に凸の円錐面を持つ凸型円錐プリズム9bとを有している。そして、双方のプリズムの少なくとも一方を光軸方向に移動させることにより、輪帯光束の径を可変(輪帯光の外径に対する輪帯光の内径の比率、即ち輪帯比を可変)とすることができる。この結果、各オプティカルインテグレータ(11b~11f)により形成される輪帯形状の2次光源の径(輪帯比)が変化する。

【0094】また、可変開口絞り(12b~12f)は、上記可変のアキシコン9の輪帯光束径の設定、即ち、各オプティカルインテグレータ(11b~11f)により形成される輪帯形状の2次光源の径(輪帯比)に応じて輪帯開口部を変化させ、これによって、輪帯形状の2次光源は正確に規定される。ここで、可変のアキシコン9および可変開口絞り(12b~12f)は、各駆動装置(DR9、DR12b~DR12f)によって駆動(可動)される。

【0095】次に、図10に示す例の動作について簡単に説明する。まず、図3に示す如く、プレートステージPSの一端に配置された各投影計測手段としての計測センサーDSを用いて、投影光学ユニットの光学特性(フォーカス、収差、照度、テレセントリシティ等)の変化を計測する(計測工程)。次に、制御装置CSは、計測センサーDSからの出力に基づいて計測された各投影光

学ユニットの光学特性を調整(補正)し得る光束状態を算出し(算出工程)、その算出結果に基づいて各駆動装置(DR9、DR12b~DR12f)を介して可変のアキシコン9及び各照明系中の可変開口絞り(12b~12f)を駆動(可変と)する(調整工程又は補正工程)。これにより、各投影光学ユニットの良好なる光学特性のもとでマスクMのパターン像が感光性のプレートPに投影露光されるため、良好なるマスクパターン像をプレートPに形成することができ、最終的には良好なるマイクロデバイスを製造することができる。

【0096】なお、図10に示したリレー系7を変倍光学系で構成し、2次光源の光強度分布を変化させるために、変倍リレー系7の一部のレンズを駆動系DR9aを介して移動させる構成としても良い。また、可変アキシコン9は、輪帯光束を可変にするものに限らず、多極光束を形成するものであっても良い。この場合、例えば、図10に示すプリズム9aの光源側を多角錐状の凹面で形成し、プリズム9bを被照明面側に多角錐状の凸面で形成することができる。この2つの角錐状のプリズムの間隔を相対的に変化させることにより、各オプティカルインテグレータ(11b~11f)により形成される多極形状の2次光源の大きさを変化させることができる。なお、言うまでもなく、図1に示した固定アキシコン9も多極形状の2次光源を形成させるものとしても良く、この場合、プリズム9に多角錐状の屈折面を形成する事が好ましい。

【0097】また、各オプティカルインテグレータ(11b~11f)により形成される2次光源の強度分布を各投影光学ユニットの光学特性の変動に応じて調整することは、図10に示した例に限ることなく、図5に示した構成を一部変更することで達成することができる。図11は、図5に示した実施形態の変形例を示し、その変形例を図11を参照しながら説明する。図11において図5に示した例と異なる点は、変倍光学系(変倍コリメート系)10b、可変開口絞り12、計測センサーDS(図3参照)、制御装置CS、および各駆動装置(DR10b、DR12b~DR12f)をそれぞれ設けた点である。

【0098】図11に示すように、可変倍光学系10bは、少なくとも2枚のレンズ(10b1、10b2)を有している。そして、少なくとも一方のレンズ10b2が光軸方向へ移動することにより、輪帯光束の径を可変(輪帯光の外径に対する輪帯光の内径の比率、即ち輪帯比を可変)とすることができる。この結果、各オプティカルインテグレータ(11b~11f)により形成される輪帯形状の2次光源の径(輪帯比)が変化する。

【0099】また、可変開口絞り(12b~12f)は、上記可変倍光学系10bの輪帯光束径の設定、即ち、各オプティカルインテグレータ(11bから11f)により形成される輪帯形状の2次光源の径(輪帯

比)に応じて輪帯開口部を変化させ、これによって、輪帯形状の2次光源は正確に規定される。ここで、可変倍光学系10bおよび可変開口絞り(12b~12f)は、各駆動装置(DR10b、DR12b~DR12f)によって駆動(可動)される。

【0100】次に、図11に示す例の動作について簡単に説明する。まず、図3に示す如くプレートステージPSの一端に配置された各投影計測手段としての計測センサーDSを用いて投影光学ユニットの光学特性(フォーカス、収差、照度、テレセントリシティ等)の変化を計測する(計測工程)。次に、制御装置CSは、計測センサーDSからの出力に基づいて計測された各投影光学ユニットの光学特性を調整(補正)し得る光束状態を算出し(算出工程)、その算出結果に基づいて各駆動装置(DR10b、DR12b~DR12f)を介して可変倍光学系10b及び各照明系中の可変開口絞り(12b~12f)を駆動(可変と)する(調整工程又は補正工程)。これにより、各投影光学ユニットの良好なる光学特性のもとでマスクMのパターン像が感光性のプレートPに投影露光されるため、良好なるマスクパターン像をプレートPに形成することができ、最終的には良好なるマイクロデバイスを製造することができる。

【0101】なお、図11に示す例としては、輪帯状の光束(輪帯状の光強度分布)を形成する回折光学素子を用いた例を示したが、円形状の光束(円形状の光強度分布)を形成する回折光学素子を用いても良いことは言うまでもない。この場合、可変倍光学系10bにより投影光学ユニットの光学特性が調整(補正)できるように、各オプティカルインテグレータ(11b~11f)により形成される円形状の2次光源の径(大きさ)を調整(補正)することが好ましい。この場合、 σ 値(照明系の開口数/投影光学ユニットの開口数、又は投影光学ユニットの瞳での2次光源の大きさ(径)/投影光学ユニットの瞳の大きさ(径))が0.7よりも大きい事が好ましいことは言うまでもない。以上のように、固定または可変のアキシコン(円錐プリズム、角錐プリズムなど)、回折光学素子(DOE)、固定または可変の輪帯開口絞りなどは、周辺に強い強度を持った光強度分布を形成する素子を構成している。

【0102】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、レンズの光吸収による各投影光学ユニットの光学特性の変動を実質的に抑制することのできる露光装置を実現することができる。また、本発明の露光装置を用いて所望の走査露光を繰り返すことにより良好な大面積のマイクロデバイスとして、たとえば高精度な液晶表示素子などを製造することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態にかかる露光装置の全体構成を概略的に示す斜視図である。

【図2】図1の露光装置における照明系の構成を概略的に示す図である。

【図3】図1の露光装置において投影光学系を構成する各投影光学ユニットの構成を概略的に示す図である。

【図4】本実施形態において各開口絞りとして輪帯状開口絞りをを用いる第1変形例の要部構成を概略的に示す図である。

【図5】本実施形態において輪帯状の光束を形成するのに円錐プリズムに代えて回折光学素子を用いた第2変形例の要部構成を概略的に示す図である。

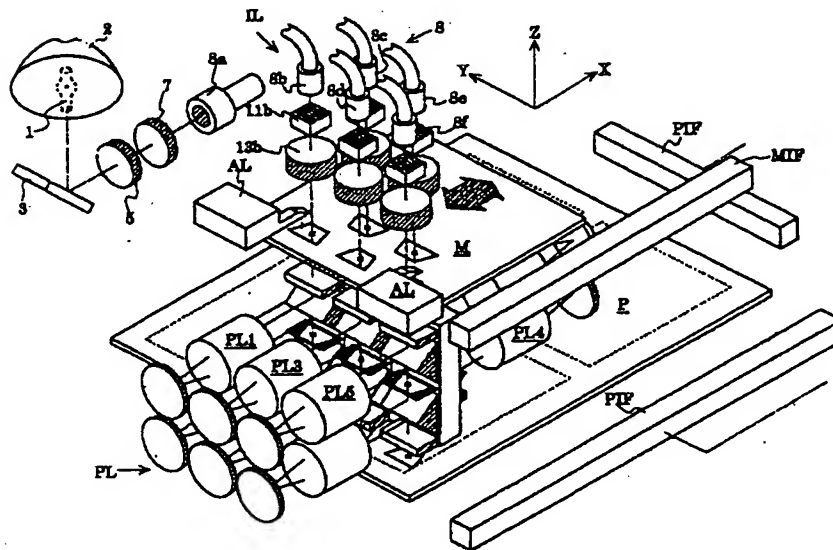
【図6】本実施形態の第3変形例の要部構成を概略的に示す図である。

【図7】本実施形態の第4変形例の要部構成を概略的に示す図である。

【図8】本実施形態の露光装置を用いて感光性基板としてのウエハ等に所定の回路パターンを形成することによって、マイクロデバイスとしての半導体デバイスを得る際の手法のフローチャートである。

【図9】本実施形態の露光装置を用いてプレート上に所定のパターンを形成することによって、マイクロデバイスとしての液晶表示素子を得る際の手法のフローチャートである。

【図1】



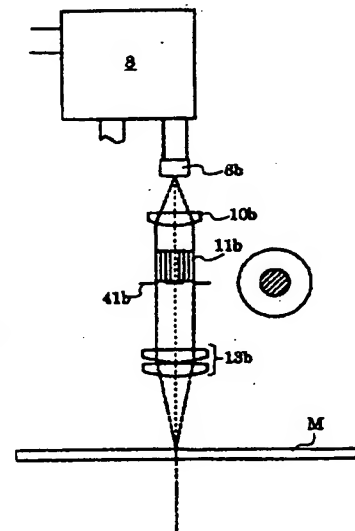
【図10】図2に示す実施形態の変形例の要部構成を概略的に示す図である。

【図11】図5に示す実施形態の変形例の要部構成を概略的に示す図である。

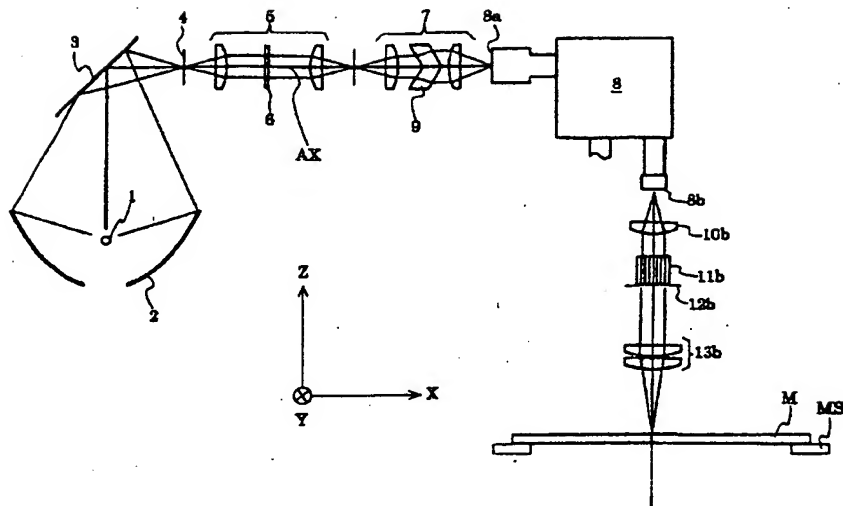
【符号の説明】

- 1 光源
- 2 楕円鏡
- 3 反射鏡
- 5 第1リレーレンズ系
- 7 第2リレーレンズ系
- 8 ライトガイド
- 9 円錐プリズム
- 10 コリメートレンズ
- 11 フライアイ・インテグレータ
- 12 開口絞り
- 13 コンデンサーレンズ系
- 41 輪帯状開口絞り
- 51 回折光学素子
- M マスク
- PL 投影光学系
- PL1~PL5 投影光学ユニット
- P プレート

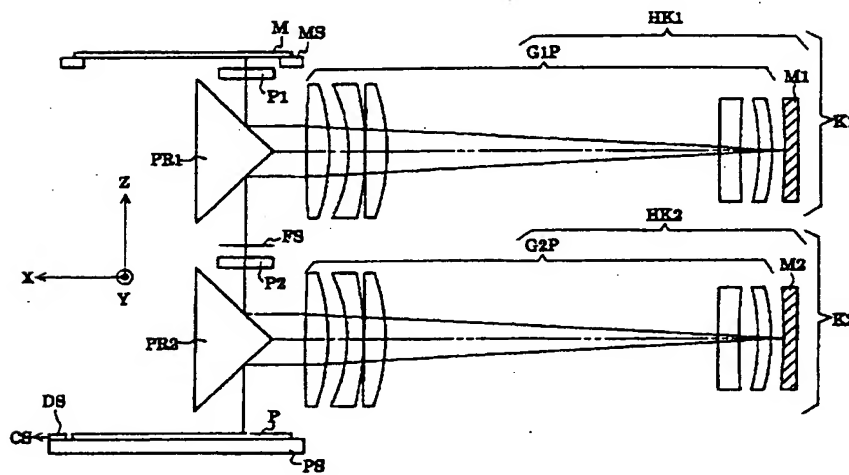
【図4】



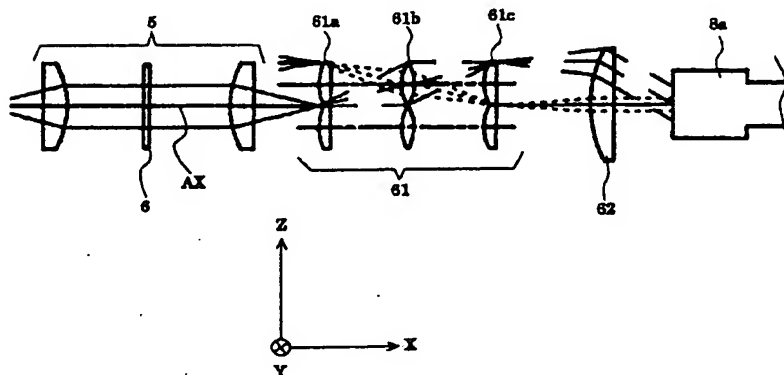
【図2】



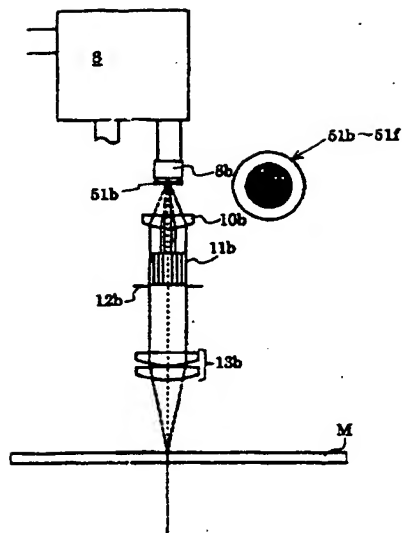
【図3】



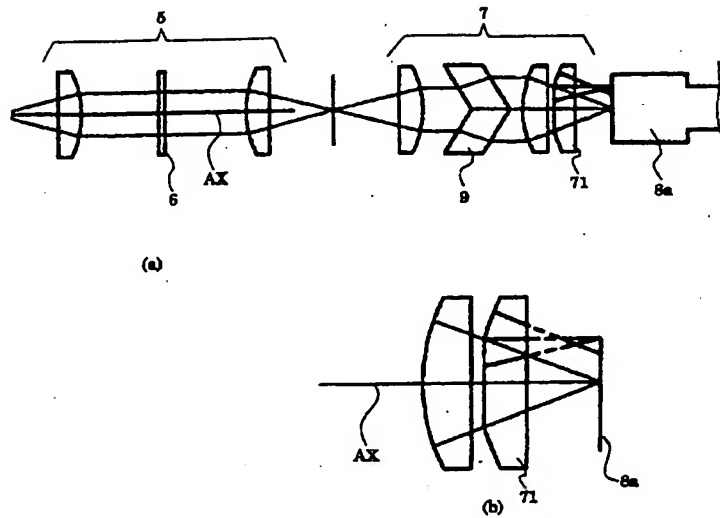
【図6】



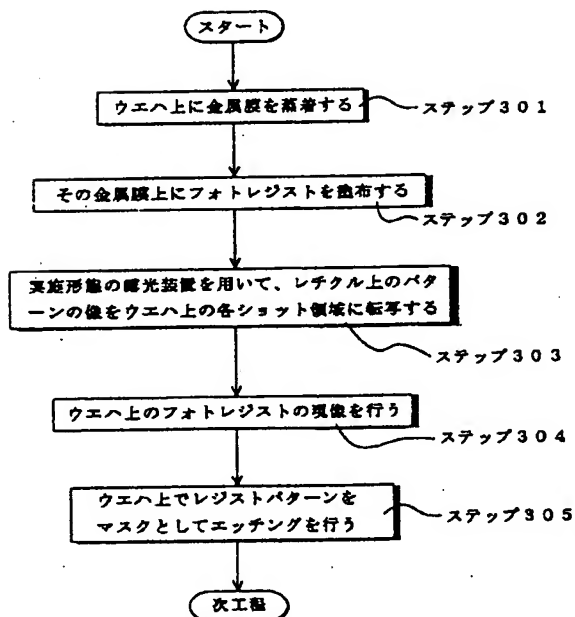
【図5】



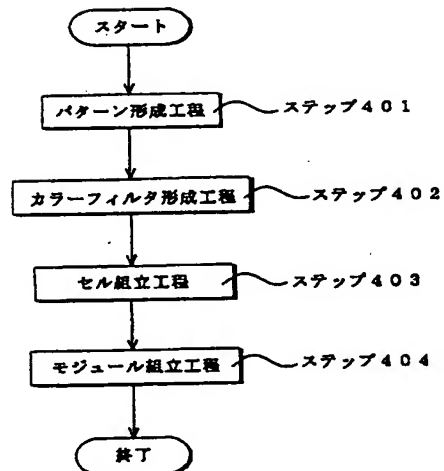
【図7】



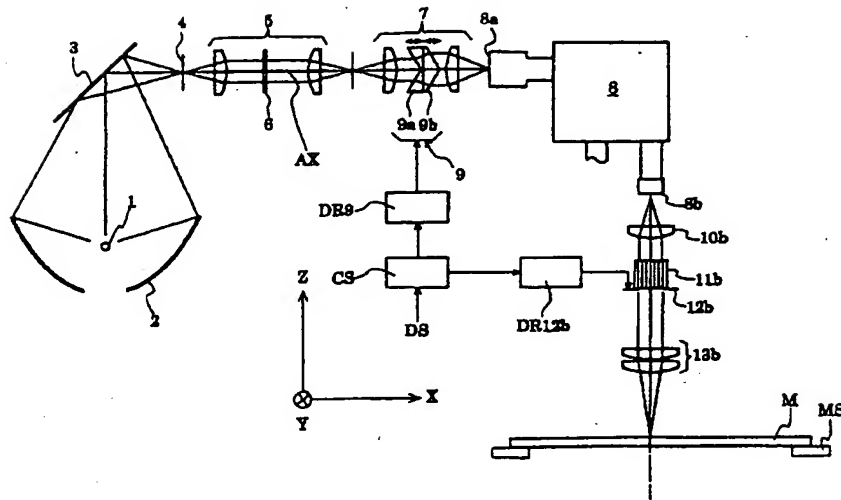
【図8】



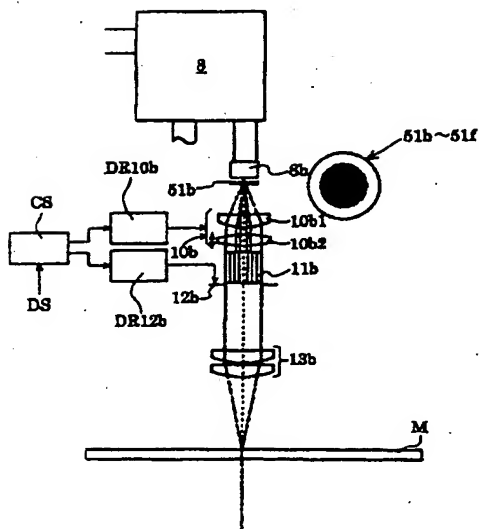
【図9】



【図10】



【図11】



フロントページの続き

(72)発明者 畑田 仁志
東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株
式会社ニコン内
(72)発明者 白数 廣
東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株
式会社ニコン内

(72)発明者 井口 正浩
東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株
式会社ニコン内
Fターム(参考) 2H052 BA02 BA03 BA09 BA12
2H097 AA11 AB09 BB01 GB00 LA12
5F046 BA03 CB25 DA02 DB01 DB10

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

☒ OTHER: Black dots.

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.